



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02026664.9

**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**

Der Präsident des Europäischen Patentamts:
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk

THIS PAGE BLANK (USPTO)



Anmeldung Nr:
Application no.: 02026664.9
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 29.11.02
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG
Johann-Maus-Strasse 2
71254 Ditzingen
ALLEMAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Spiegel einer Laserbearbeitungsmachine

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

G02B26/08

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignés lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR

**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

BESCHREIBUNG**Spiegel einer Laserbearbeitungsmaschine**

5

Die Erfindung betrifft einen Spiegel einer Laserbearbeitungsmaschine mit einer über ihre Membranrückseite druckbeaufschlagbaren Spiegelplattenmembran und mit einem Membranträger.

10 Ein derartiger Spiegel ist beispielsweise durch die DE 100 01 900 A1 bekannt geworden.

Durch die DE 100 01 900 A1 ist ein deformierbarer Spiegel mit einer Spiegelplatte und einem konzentrisch auf der Rückseite der Spiegelfläche angreifenden Aktuator bekannt geworden. Der Aktuator arbeitet auf einem hinter der Spiegelplatte gelegenen Ring, der vorzugsweise integral mit der Spiegelplatte ausgebildet ist. Die Sphäre der Spiegelfläche lässt sich außer über die Querschnittsgeometrie des Ringes auch über eine zentrale symmetrische Schwächung der Spiegelplatte beeinflussen, sowie 20 durch statischen Überdruck einer fluidgefüllten Kammer hinter der Spiegelplatte.

Nach der technischen Lehre der DE 39 00 467 A1 sieht man auf der Rückseite des Spiegels einen Hohlraum vor und gibt in diesen Hohlraum 25 mehr oder weniger Druck, so dass sich die Geometrie des Spiegels unter dessen Einfluss ändert.

Bei einem deformierbaren Spiegel nach der Lehre der DE 100 52 249 A1 als Laser-Strahlführungskomponente mit einem Gehäuse, welchem ein



Spiegelement zugeordnet ist, wobei das Spiegelement verformbar ausgebildet ist, soll das Spiegelement mittels eines Mediums kühlbar sein.

Mit Hilfe sphärischer optischer Elemente wie Linsen oder Spiegel können nur
5 der optischen Achse nahe Strahlen mit geringem Abbildungsfehler
fokussiert werden, weil mit dem Achsenabstand Abbildungsfehler durch
sphärische Aberration zunehmen. Mit zunehmendem Abstand und einer
Vergrößerung des Winkels zur optischen Achse tritt ferner Astigmatismus
auf.

10 Eine bekannte Möglichkeit zur Reduzierung dieser Abbildungsfehler besteht
darin, einen zusätzlichen Umlenkspiegel einzusetzen. **Fig. 5** veranschaulicht
eine Strahlführung eines erzeugten Laserstrahls **17** bei einer bekannten
Laserbearbeitungsmaschine. Es wird eine kreisrunde reflektierende Fläche
15 eines Spiegels **18** eingesetzt, welche durch eine Druckbeaufschlagung zu
einem sphärischen Spiegel **18** verformt werden kann. Es ist ein zusätzlicher
Umlenkspiegel **19** erforderlich, welcher den Laserstrahl **17** unter einem
kleinen Winkel auf den adaptiven Spiegel **18** lenkt. Es werden zwei Spiegel
benötigt, um eine justierbare Fokussierung des Laserstrahls im
20 Bearbeitungskopf der Laserbearbeitungsmaschine zu erreichen.

Allgemein bekannt ist es, dass für einen abbildenden Spiegel der
Schnittweite s bei großen Strahlumlenkwinkeln (der optischen Achse),
insbesondere 90° -Umlenkungen, im Gegensatz zum sphärischen Spiegel,
25 asphärische Verformungen der reflektierenden Fläche des Spiegels
erforderlich sind, wie sie beispielsweise durch adaptive Spiegel mit einer
druckbeaufschlagbaren elliptischen oder ovalen reflektierenden Fläche
erzeugt werden können. Derartige Spiegel sind aber aufwändig zu
realisieren.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, einen adaptiven asphärischen Spiegel zu schaffen, welcher einen Laserstrahl um größere Winkel (insbesondere 90°) so umlenkt, dass der Abbildungsfehler, der bei der Umlenkung entsteht, klein ist, und welcher einfach zu fertigen ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Spiegel einer Laserbearbeitungsmaschine mit einer Spiegelplattenmembran und mit einem Membranträger gelöst, welcher im Bereich der Membranrückseite eine druckbeaufschlagbare, annähernd elliptische oder annähernd rechteckige oder ovale Fläche der Membranrückseite begrenzt bzw. definiert. Membranträger und Spiegelplattenmembran sind fest miteinander verbunden und bilden ein einstückiges Bauteil.

Die Begrenzung der annähernd elliptisch oder annähernd rechteckigen oder ovalen Fläche durch den Membranträger führt bei einer Druckbeaufschlagung dieses Bereichs der Membranrückseite zu einem adaptiven Spiegel mit asphärischer Verformung wie für größere Umlenkinkel.

Eine Unterfräseung bzw. die Ausfräseung des Membranträgers schafft eine einfache Realisierung in Form der annähernd elliptischen oder ovalen Fläche unabhängig von der Geometrie des Membranträgers, der beispielsweise ringförmig und/oder kreisrund ausgebildet sein kann. Wenn der Membranträger ein kreisrundes Anschlussstück (Rohransatz) umfasst, kann der Spiegel an bestehende Komponenten der Strahlführung leicht angeflanscht werden.

Hinsichtlich der Verwirklichung der Druckbeaufschlagung kommen folgende technische Lösungen in Betracht: Die annähernd elliptische oder annähernd rechteckige oder ovale Fläche kann durch Kühlwasser für die Spiegelplattenmembran oder ein Fluid oder durch einen Aktuator druckbeaufschlagt werden.

Eine vorgegebene makroskopische Krümmung der reflektierenden Fläche des Spiegels führt in Verbindung mit der einstellbaren Druckbeaufschlagung eines annähernd elliptischen oder rechteckigen oder ovalen Bereichs der Spiegelplattenmembran zu einer vorteilhaften Kombination von Fokusierspiegel und Fokusverstellspiegel.

Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung und eine bekannte Laserstrahlführung sind in der Zeichnung schematisch dargestellt und werden nachfolgend mit Bezug zu den Figuren der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine Ansicht auf die Unterseite eines ersten erfindungsgemäßen Spiegels einer Laserbearbeitungsmaschine;

20

Fig. 2 einen Schnitt des Spiegels längs einer Linie II-II nach Fig. 1;

25

Fig. 3 eine Ansicht auf die Unterseite eines zweiten erfindungsgemäßen Spiegels einer Laserbearbeitungsmaschine;

Fig. 4 einen Schnitt des Spiegels längs einer Linie IV-IV nach Fig. 3;

Fig. 5 eine Prinzipdarstellung einer Strahlführung einer Laserbearbeitungsmaschine nach dem Stand der Technik.

Aus der **Fig. 1** ist der Aufbau eines adaptiven Spiegels **1** einer nicht dargestellten an sich bekannten Laserbearbeitungsmaschine ersichtlich. Adaptiv oder deformierbar bedeutet im Sinne der Erfindung eine 5 asphärische Verformung der Spiegelplattenmembran **2**, welche gezielt variiert und eingestellt werden kann. Derartige adaptive Spiegel **1** können erfindungsgemäß für große Strahlumlenkwinkel verwendet werden.

Der Spiegel **1** umfasst neben der Spiegelplattenmembran **2** einen 10 Membranträger **3**, welcher im Wesentlichen durch einen Rohrabsatz **3a** (Zylinder) und einen Übergangsbereich **3b** ausgebildet ist und ein Anschlussstück zur Montage des Spiegels **1** an der Laserbearbeitungsmaschine darstellt. Rohrabsatz **3a**, Übergangsbereich **3b** und Spiegelplattenmembran **2** bilden gemeinsam ein einstückig 15 ausgebildetes Bauelement, bei dem die Spiegelplattenmembran **2** in den Membranträger **3** integriert ist, d.h. die Spiegelplattenmembran **2** weist eine feste mechanische Einspannung auf.

Die Krümmungen der Spiegelplattenmembran **2** sind von gering konkav 20 über plan nach gering konvex einstellbar. Der Spiegel **1** kann gleichzeitig zur Fokusverstellung und zur Strahlumlenkung des Laserstrahls im Bearbeitungskopf der Laserbearbeitungsmaschine eingesetzt werden.

Zur Erzielung der zuvor genannten Eigenschaften des Spiegels **1** kann die 25 Rückseite der Spiegelplattenmembran **2** druckbeaufschlagt werden. Zur Druckbeaufschlagung ist eine annähernd elliptische Fläche der Spiegelplattenmembran **2** vorgesehen. Die druckbeaufschlagbare Fläche entsteht durch Unterfräsen der Spiegelplattenmembran **2** bzw. durch Ausfräsen einer Ausnehmung **8** des Rohrabsatzes **3a** unterhalb der

Spiegelplattenmembran 2. Die unterfräste Ausbildung ist der **Fig. 2** zu entnehmen.

- Ein erster Spiegelinnenraum (Hohlraum) 6 mit einem kreisförmigen Querschnitt geht in einen zweiten Spiegelinnenraum 7 mit einem elliptischen Querschnitt über. Der Membranträger 3 kann an weitere Bauteile der Laserbearbeitungsmaschine angeflanscht werden, über welche beispielsweise eine Kühlwasserzuleitung in die Spiegelinnenräume 6 und 7 erfolgen kann. Neben der Kühlung der Spiegelplattenmembran 2 wird auch eine Druckbeaufschlagung der Membranrückseite 5 herbeigeführt. Der Spiegelinnenraum 7 kann mit Kühlwasser oder einem Fluid gefüllt werden, so dass die elliptische Fläche der Spiegelplattenmembran 2 gezielt druckbeaufschlagt werden kann.
- Es können zusätzliche asphärische (über die Krümmung der adaptiven Funktion hinausgehende) Krümmungen der reflektierenden Fläche 4 der Spiegelplattenmembran 2 ausgebildet oder aufgeprägt sein. Dabei erfährt die Spiegelplattenmembran 2 Dickenabweichungen. Diese Version ist für Anwendungsfälle geeignet, die größere (konvexe als auch konkave) Krümmungen erfordern. Die Spiegelplattenmembran 2 muss nicht zwingend eben ausgebildet sein, sondern durch gezielte Dickenänderungen können unterschiedliche Krümmungen vorgegeben sein. Zum einen kann die reflektierende Fläche 4 des Spiegels 1 eine makroskopische, vorgegebene Krümmung aufweisen („Fokussierspiegel“), so dass eine Fokussierung des Laserstrahls erreicht wird. Zum anderen kann durch die Druckbeaufschlagung der elliptischen Fläche der Membranrückseite 5 beispielsweise mittels Kühlwassers und die daraus resultierende mikroskopische Adaption eine Fokusverstellung eingestellt werden

(„Fokusverstellspiegel“). „Fokusverstellspiegel“ und eigentlicher Fokussierspiegel sind dann zusammengefasst.

Die **Figuren 3** und **4** zeigen bei einem Spiegel **11** eine Alternative zur Ausbildung einer Spiegelplattenmembran **12** mit einer elliptischen Fläche. Ein nach außen kreisringförmiger Membranträger **13** ist einstückig mit der Spiegelplattenmembran **12** verbunden und begrenzt nach innen eine Spiegelplattenmembran **12** mit einer elliptischen Fläche. Der Laserstrahl wird an einer reflektierenden Spiegelfläche **14** umgelenkt. Eine Membranrückseite **15** kann druckbeaufschlagt werden, wenn ein einziger Spiegelinnenraum **16** mit Kühlwasser gefüllt wird.

EPO - Munich
33
29. Nov. 2002

BEZUGSZEICHENLISTE

5

- 1** Spiegel
- 2** Spiegelplattenmembran
- 3** Membranträger
- 3a** Rohransatz
- 10** **3b** Übergangsbereich
- 4** Spiegelfläche
- 5** Membranrückseite
- 6** Erster Spiegelinnenraum
- 7** Zweiter Spiegelinnenraum
- 15** **8** Ausnehmung

- 11** Spiegel
- 12** Spiegelplattenmembran
- 13** Membranträger
- 20** **14** Spiegelfläche
- 15** Membranrückseite
- 16** Spiegelinnenraum
- 17** Laserstrahl
- 18** Spiegel
- 25** **19** Spiegel

THIS PAGE BLANK (USPS)
1

EPO - Munich
33
29. Nov. 2002

PATENTANSPRÜCHE

- 5 1. Spiegel (1; 11) einer Laserbearbeitungsmaschine mit einer über ihre Membranrückseite (5; 15) druckbeaufschlagbaren Spiegelplattenmembran (2; 12) und mit einem Membranträger (3; 13), **dadurch gekennzeichnet**, dass der Membranträger (3; 13) im Bereich der Membranrückseite (5; 15) eine druckbeaufschlagbare, annähernd elliptische oder annähernd rechteckige oder ovale Fläche der Membranrückseite (5; 15) begrenzt.
- 10
- 15 2. Spiegel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Membranträger (3) im Übergangsbereich zur Spiegelplattenmembran (2) eine Ausnehmung (8) aufweist.
- 20 3. Spiegel nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die annähernd elliptische oder annähernd rechteckige oder ovale Fläche der Membranrückseite (5; 15) durch Kühlwasser oder ein Fluid druckbeaufschlagbar ist.
- 25 4. Spiegel nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die annähernd elliptische oder annähernd rechteckige oder ovale Fläche der Membranrückseite (5; 15) durch einen Aktuator druckbeaufschlagbar ist.
5. Spiegel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Membranträger (3; 13) einen Rohransatz mit kreisrundem Querschnitt umfasst.

6. Spiegel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die reflektierende Fläche (4) des Spiegels (1) eine vorgegebene Krümmung aufweist.

EPO - Munich
33
29. Nov. 2002

11

Trumpf Werkzeugmaschinen
25265

ZUSAMMENFASSUNG

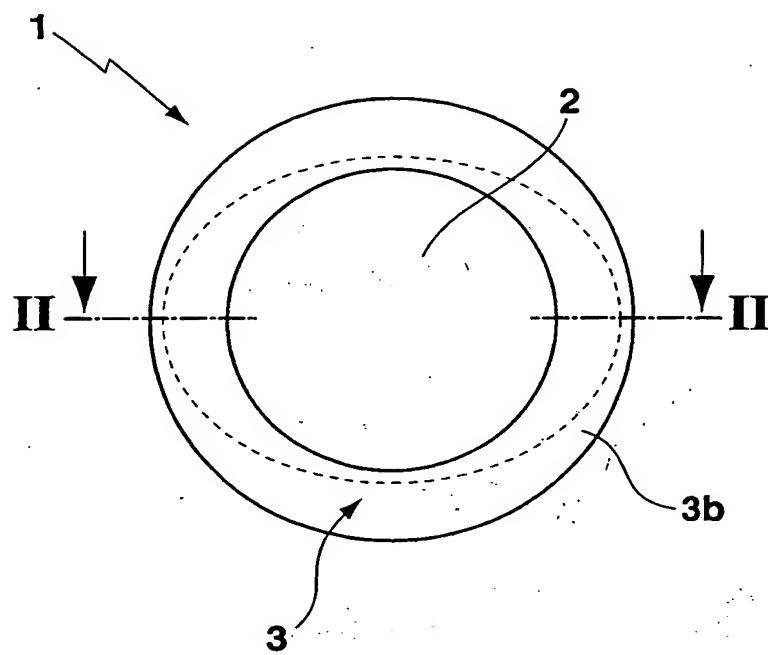
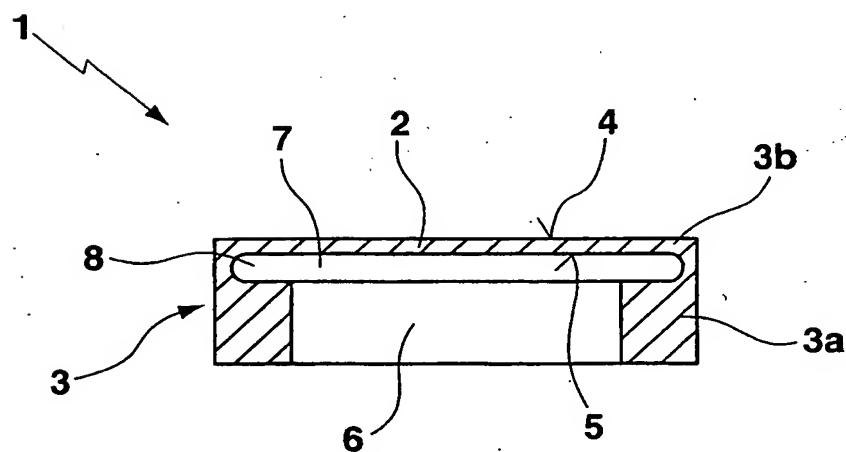
Spiegel einer Laserbearbeitungsmaschine

5

Ein Spiegel (1) einer Laserbearbeitungsmaschine umfasst eine über ihre Membranrückseite druckbeaufschlagbare Spiegelplattenmembran (2) und einen Membranträger (3). Der Membranträger (3) begrenzt im Bereich der 10 Membranrückseite eine druckbeaufschlagbare, annähernd elliptische oder annähernd rechteckige oder ovale Fläche der Membranrückseite.

15 Fig. 1

THIS PAGE BLANK (ISPTU)

**Fig. 1****Fig. 2**

2 / 2

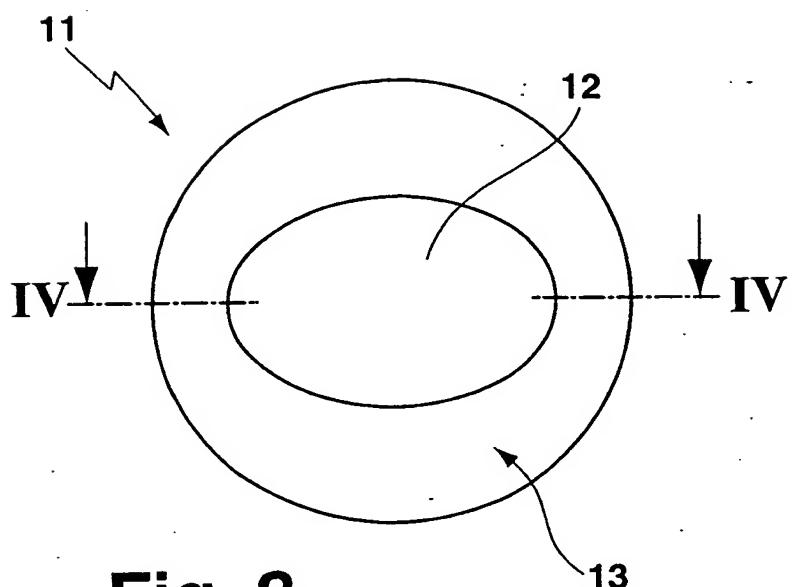


Fig. 3

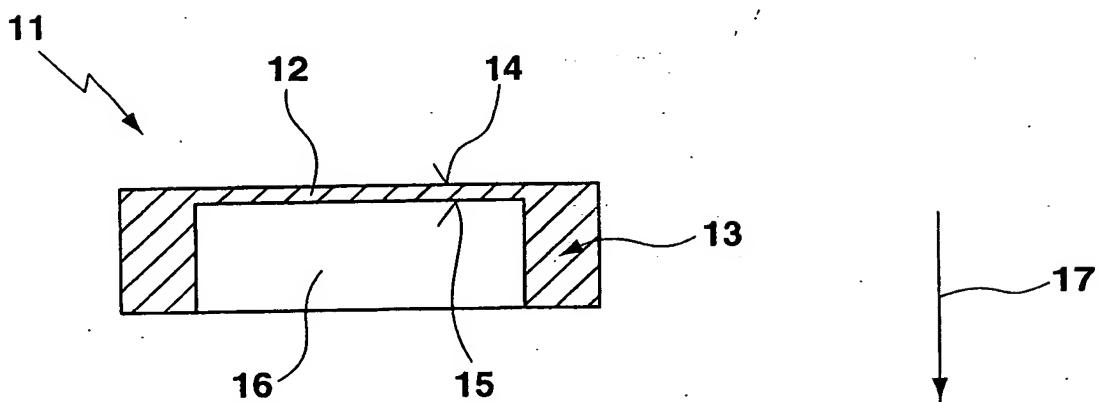


Fig. 4

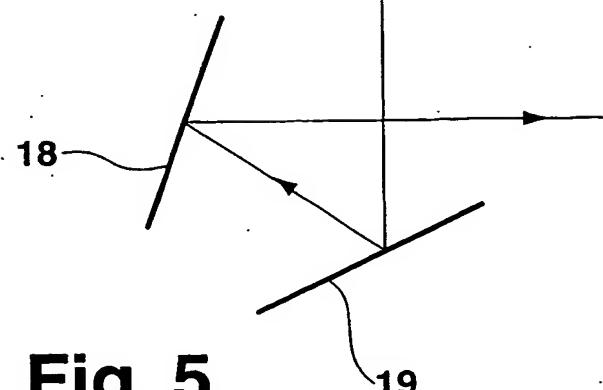


Fig. 5